

346180 18 OCT 1967



MEMORIA DESCRIPTIVA.-
=====

PATENTE DE INVENCION.

PAIS : ESPAÑA.

DURACION : 20 AÑOS.

OBJETO : "UN REACTOR NUCLEAR VERTICAL".

=====

A nombre de : CANADIAN GENERAL ELECTRIC COMPANY LIMITED.

Residente en : TORONTO, ONTARIO (Cánada),
214 King Street West.

Nacionalidad : CANADIENSE.

(P. 2.754.- CG.)
(Serial 945,815
(945,817 & 945,818)

18 OCT 1967
10 678
1967
OFFICE OF THE
SECRETARY OF DEFENSE
WASHINGTON, D.C. 20301

346180

La presente invención se refiere a un reactor nuclear vertical que tiene provisiones para efectuar la reposición de combustible desde la parte inferior mientras produce energía.

- 5.- Son bien conocidos los reactores de tubo de presión con refrigeración por líquido que tienen combustible nuclear colocado dentro de los tubos de presión, y en los cuales es posible reponer el combustible mientras se hallan en carga. Un reactor de ese tipo es el reactor de Douglas
- 10.- Point, Ontario, cuyos tubos atraviesan horizontalmente ambos extremos de la calandria. Esta disposición exige la provisión de una máquina de introducción y extracción del combustible en ambos extremos de los tubos de calandria, y es de construcción cara, particularmente en vista del gran
- 15.- tamaño que debe adquirir la estructura que contiene al reactor. Otras desventajas que se hallan en la construcción de esos reactores, están representadas por las dificultades que se experimentan para construir escudos extremos de calandria alineados con las prolongaciones de los tubos de
- 20.- combustible, que atraviesan el blindaje.

Los reactores de tubo vertical, tales como el NRU y el Savannah, aún cuando proveen economía de espacio edificado, poseen también inconvenientes especiales. En el caso del reactor NRU, es necesario que el combustible adopte la forma de piezas o unidades de máxima longitud que de-

25.-



ben retirarse por completo cuando las porciones centrales han desarrollado toda la energía de que son capaces, aún cuando los extremos contengan todavía combustible útil.

30.- En el caso de los reactores Savannah, que no funcionan a presión, por ser reactores de baja temperatura, ha establecido la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos de Norteamérica, que no es posible la conversión de estos reactores de manera que produzcan energía.

35.- Un objeto de la presente invención es proveer un reactor nuclear vertical mejorado.

Otro objeto es proveer un reactor nuclear que posee características de funcionamiento simplificadas.

40.- Se ha descubierto que en un reactor de tubo de presión vertical de corriente descendente enfriado por agua pesada, que tiene provisión para insertar el combustible verticalmente desde abajo del reactor, no es necesario proveer cierres entre los elementos combustibles con fines de manipulación y reposición, de manera que es posible utilizar una pila segmentada de elementos de combustible, lo que elimina
45.- el empleo de cerrojos o enganches entre segmentos individuales. Ello permite la reposición relativamente simple del combustible mediante la sustitución de segmentos de combustible elegidos individuales, lo que conduce a una utilización uniformemente elevada del combustible.

50.- La capacidad para la reposición del combustible bajo tubos utilizando refrigeración por corriente descendente, se vuelve más practicable gracias a la provisión de una válvula de acceso en el extremo inferior de cada prolongación del tubo de combustible que permite el acoplamiento
55.- de una máquina de reposición de combustible sin aflojar la



presión del tubo durante el curso de la reposición del combustible, ni interrumpir la circulación del refrigerante. Ello elimina la necesidad de emplear una pieza de cierre separable, lo que simplifica el ciclo de reposición del combustible.

60.-

Debido al empleo de una máquina de reposición vertical del combustible ubicada por debajo del reactor, todo movimiento relativo de las prolongaciones de los tubos bajo condiciones de funcionamiento o de reposición del combustible, puede tener lugar fácilmente sin imponer esfuerzos indebidos a los acoplamiento de los extremos de los tubos mediante desplazamiento vertical de la máquina de reposición de combustible en conjunto con el tubo.

65.-

En la práctica conocida, en la construcción de reactores con tubos de presión, moderados con agua pesada, era proveer prolongaciones de la calandria y el tubo de presión de acero inoxidable, con el objeto de que la actividad neutrónica del reactor no eleve la temperatura de nulductilidad del material del tubo a tal valor que no se pueda lograr con seguridad niveles adecuados de resistencia de trabajo, y evitar la posibilidad de corrosión de los tubos de prolongación. Debido al empleo de blindajes extremos que incorporan generalmente materiales de blindaje de acero y agua, a través de los cuales pasan los tubos de presión, tiene lugar una reducción de la densidad del flujo de neutrones en zonas exteriores del ambiente de los blindajes extremos.

70.-

75.-

80.-

Se ha descubierto que los aceros de baja aleación y aceros al carbono, sometidos a un bombardeo de neutrones de baja intensidad del orden de que se experimenta adyacentemente al exterior de un blindaje extremo de reactor man-

85.-



- tienen su temperatura de nulductilidad en un valor suficientemente reducido para que no sufra amenazas su integridad estructural. Se ha descubierto además, que el control ambiental apropiado de la composición química del agua interna y la atmósfera externa elimina toda corrosión seria de los tubos de prolongación de acero al carbono. Ello hace posible proveer con seguridad tubos de presión que tienen porciones internas de acero inoxidable (aproximadamente 157 a 254 milímetros por fuera de la pared de la calandria) y porciones externas de acero de baja aleación o acero al carbono. La tecnología actual hace posible proveer la soldadura satisfactoria de los tubos de acero al carbono con tubos de acero inoxidable, según saben quienes son expertos en el arte, siendo el acero inoxidable 304L, un acero austenítico dotado de un bajo contenido controlable de carbono.
- 90.-
- 95.-
- 100.-
- El empleo de un reactor moderado con agua pesada, de tubos verticales, que tenga tal configuración que el tanque de vaciado horizontal adopta la forma de un anillo que rodea a la calandria, proporciona una disposición espacial y estructural económica y atractiva, y se presta particularmente para la utilización de una capacidad de vaciado parcial.
- 105.-
- Se ha descubierto, en contraste con la práctica conocida de vaciar todo el líquido moderador del reactor, para interrumpir el funcionamiento del reactor, que el funcionamiento de un reactor vertical del tipo descrito, puede interrumpirse en condiciones normales de funcionamiento vaciando aproximadamente 20 por ciento del líquido moderador. El beneficio que en particular se obtiene en estas condiciones, es que se reduce en mucho el tiempo requerido para poner nuevamente en marcha el reactor, luego de una corta interrupción, tiempo
- 110.-
- 115.-



po dominado por razones de seguridad, por las limitaciones de las bombas de circulación y manipulación del moderador que bombean el moderador hacia el reactor.

- Es bien conocido el fenómeno del envenenamiento del reactor provocado por la formación de xenón. El envenenamiento comienza a desarrollarse tan pronto como se apaga el reactor, y a menos que el reactor se ponga nuevamente en marcha dentro de un período de media hora aproximadamente, se envenena de tal manera que ya no resulta posible volverlo a poner en marcha durante un período comprendido usualmente entre 24 y 36 horas, lo que constituye un perjuicio grande cuando se utiliza el reactor para la producción de energía u otros fines comerciales. Un reactor típico conocido exige aproximadamente 15 minutos para que las bombas vuelvan a introducir en la calandria el líquido moderador contenido en el tanque de vaciado. Reduciendo la cantidad de moderador vaciado hasta aproximadamente 20 por ciento de la cantidad total, el tiempo de bombeo se reduce correspondientemente hasta aproximadamente 20 por ciento del tiempo requerido, vale decir aproximadamente tres minutos para un reactor equivalente. La capacidad de las bombas utilizadas para bombear, está dictada por la exigencia de seguridad de limitar la velocidad a que puede aumentar la reactividad, lo que constituye un parámetro sustancialmente invariable para calandrias de tamaño dado.

- Lo que se provee es un reactor nuclear vertical para la generación de potencia que comprende medios de calandria para contener un líquido moderador de neutrones; tubos sustancialmente verticales en los medios de calandria para contener combustible nuclear que tiene los extremos inferiores

346180¹⁸⁰



- 150.- extendiéndose por debajo; medios para circular en sentido descendente, un fluido refrigerante líquido a través de los tubos, y medios de válvula de cierre en el extremo inferior de los tubos para conexión de una máquina de reposición de combustible con los extremos inferiores de los tubos mientras se encuentran sometidos a la presión del refrigerante, por lo cual el combustible del reactor puede reponerse mientras se halla el reactor en condición cargada en que produce energía. Además, se provee una estructura de reactor que
- 155.- tiene una estructura de tanque de vaciado adyacente a una porción inferior de la calandria, medios de compuerta de vaciado que conectan la calandria con el tanque de vaciado, y medios de control del nivel del líquido moderador dentro de la calandria, capaces de permitir la circulación rápida de una porción predeterminada del líquido desde la calandria hasta el tanque de vaciado, por lo cual se reduce efectiva y rápidamente el funcionamiento del reactor, y medios por los cuales una parte o la totalidad del líquido que resta en la calandria, se puede, si se desea, escurrir más lentamente hasta un tanque de almacenamiento adecuado.
- 165.-

La presente invención se caracteriza además, por la provisión de una estructura combinada de soporte y blindaje del reactor.

- 170.- En los reactores nucleares de tubo de presión cuyo combustible puede reponerse bajo carga, es necesario dotar a los tubos de presión situados dentro de la calandria, de conexiones de acceso que se prolongan desde los mismos. Estos tubos de extensión, atraviesan los blindajes extremos protectores, con el objeto de proteger el ambiente exterior del reactor y al personal que lo atiende, contra la radia-
- 175.-



ción neutrónica y gamma, sin dejar por ello de proporcionar acceso al núcleo del reactor para inserción y extracción del combustible.

- 180.- Los reactores nucleares conocidos tales como los reactores de tubos horizontales de Douglas Point Generating Station emplean blindajes extremos que están alineados independientemente de los soportes de la calandria. En disposiciones tales como las del reactor de Douglas Point, se utilizan barras de suspensión de Invar refrigeradas por agua pesada, para soportar la calandria, con el objeto de que sea mínimo el movimiento de dilatación térmica de ellas, estando la estructura de blindaje de acero y agua montada independientemente de las fundaciones del reactor. Esta construcción, conduce a dificultades considerables en la instalación inicial de la calandria, tubos y blindajes extremos, de manera que en un reactor, por ejemplo, fue necesario un período de tres meses para alinear las estructuras de los blindajes con los soportes de calandria. El funcionamiento de las disposiciones conocidas conducía a una dilatación diferencial acumulativa entre partes diferentes de la estructura, distribución desigual de las tensiones internas y una deformación acumulativa de componentes tales como los acoplamientos extremos de los tubos.

- 195.- Las desventajas de los esfuerzos internos elevados y desviaciones del tipo conocido de blindaje extremo en un reactor nuclear que tiene tubos verticales que atraviesan blindajes extremos sustancialmente horizontales, se evitan mediante la provisión de una estructura de vigas compuestas de cajón que es atravesada por los tubos de calandria y a la cual se aseguran los tubos para soportar la calandria y su



contenido, adoptando las vigas de cajón la forma de vasos que contienen refrigerante con el objeto de alojar capas protectoras de agua, juntamente con piezas metálicas de blindaje.

- 210.- Se provee de esta manera una combinación de estructura de soporte del reactor y blindaje contra neutrones y radiación, para un reactor atómico, cuyos tubos se prolongan verticalmente, que comprende: piezas de ala superiores o inferiores que se extienden horizontalmente, provistas de aberturas pasantes, alineadas verticalmente para recibir los tubos de prolongación del reactor, una pluralidad de piezas de alma paralelas, aseguradas en posición sustancialmente vertical entre las piezas de ala, medios de soporte de blindaje interpuestos entre dichas piezas de ala para proporcionar superficies de soporte de blindaje intermedias, al menos una pieza de blindaje soportada en dicha superficie de soporte, que se extiende entre piezas de ala adyacentes, que tiene aberturas pasantes en correspondencia con las aberturas de las piezas de ala superiores e inferiores, por lo cual los tubos de prolongación del reactor pueden atravesar verticalmente.

Estos y otros objetos y ventajas de la presente invención se desprenden de la siguiente descripción detallada de la misma, que debe tomarse al solo título de ejemplo, considerada con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- 230.- La figura 1 muestra una vista en corte diametral de un edificio para reactor que contiene un reactor de acuerdo con la presente invención.
- 235.- La figura 2 es un corte en planta que muestra la dispo-

346180



sición del reactor y sus correspondientes intercambiadores de calor dentro del edificio.

240.- La figura 3 es una planta esquemática de la calandria del reactor que incorpora la presente invención tomada según la línea 3-3 de la figura 4.

La figura 4 es un corte según la línea 4-4 de la figura 3.

La figura 5 es una vista en corte detallada de la estructura inferior de soporte de la calandria.

245.- Con referencia a la figura 1 de los dibujos que se acompañan, el reactor 30 está contenido dentro de una estructura cilíndrica 31 capaz de soportar presión interna superior a la atmosférica en caso de falla mecánica de algún componente del reactor.

250.- La calandria 32 está contenida dentro de un anillo de blindaje 33 que tiene una estructura superior de protección contra radiación y neutrones y de soporte 34 y una estructura inferior de protección y soporte 35, a través de la cual sobresalen las prolongaciones 36 de los tubos de combustible. El peso de la calandria y su contenido es transferido

255.- a los blindajes superior e inferior por medio de los tubos de prolongación. Las prolongaciones 36 de los tubos tienen una válvula de cierre 37 en el extremo inferior destinada al acoplamiento con los tubos individuales de una máquina 260.- 38 de reposición de combustible.

La máquina de reposición de combustible 38 que está controlada a distancia, se utiliza para insertar o extraer una cadena vertical de elementos combustibles individuales dispuestos en forma ampliada, que en vista de la disposición descendente del fluido refrigerante, no es necesario engan-

346180

18 00



270.- char entre sí. Correspondientemente, no es necesario proveer a la máquina de reposición de combustible con un dispositivo de enganche que se acople a los elementos de combustible, ya que la fuerza del fluido refrigerante descendente se suma al peso del combustible y tiende a expulsar los elementos hacia abajo desde el tubo hacia la máquina de reposición de combustible.

275.- En vista de la disposición vertical de la máquina de reposición de combustible por debajo de los tubos de calandria, y la falta de necesidad de enganchar, tanto en la máquina como en el combustible, resulta posible disponer una máquina de reposición de combustible simplificada, que puede ser controlada directamente por el operador, lo que da por resultado una simplificación y mayor seguridad en el sistema de control.

280.- El funcionamiento de la máquina de reposición de combustible en cooperación con la disposición de tubos y válvulas, se controla por medio de una serie de interconexiones mecánicas secuenciales, de manera que no puede realizarse la apertura de la válvula del extremo del tubo, hasta que la máquina de reposición de combustible se halle fija en su lugar y bajo presión, tal como se describirá más abajo. Esta disposición más simplificada incluye también medios de accionamiento de válvula llevados por la máquina de reposición de combustible y capaces de abrir la válvula del extremo del tubo después de someter el interior de la máquina de reposición de combustible a presión con refrigerante de presión correspondiente a la interna del tubo cuyo combustible se desea reponer. Las interconexiones permiten entonces el funcionamiento de la válvula y la extracción de



la cadena de combustible hacia abajo desde el tubo de presión, bajo la influencia del refrigerante descendente y de la gravedad. La máquina, que posee un almacén que contiene al menos una cadena de combustible de reposición, puede entonces reponer el combustible del tubo, después de lo cual se cierra la válvula del extremo del tubo. La máquina permanece sujeta al tubo hasta que se realiza con éxito la eliminación de la presión en la máquina de reposición de combustible, lo que asegura el cierre satisfactorio de la válvula del extremo del tubo. Se libera entonces la interconexión, lo que permite retirar del tubo la máquina de reposición de combustible, para trasladar la máquina de reposición de combustible a una instalación adyacente donde se manipula el combustible.

310.- En combinación con el reactor 30, aparece un par de intercambiadores de calor primarios o calderas 45 del tipo vertical conectados al reactor 30 mediante colectores inferiores 28 y tubos alimentadores (no ilustrados) y un par de colectores superiores 46 conectados con los tubos de combustible mediante subcolectores laterales 47 y alimentadores (no se ilustra) tal como puede verse en la figura 2. Pueden verse también las bombas primarias 48 que hacen circular el fluido refrigerante, que es en este caso agua pesada.

320.- Con referencia a las figuras 3 y 4, la calandria 32 comprende un recipiente que tiene tubos de combustible 22 provistos de un circuito de refrigeración por fluido, a través de verticales y colectores conectados con la caldera precedentemente descrita, estando la parte inferior de dicho recipiente, rodeada por un tanque de vaciado anular 24 que con él comunica a través de bocas o lumbreras de

18 OCT. 1957



346180

vaciado 19.

La calandria 32 contiene el moderador líquido L, agua pesada, en este caso, que rodea a los tubos de combustible y así provoca la reacción nuclear.

- 330.- Durante el funcionamiento normal del reactor a potencia constante, se extrae continuamente moderador por medio de la bomba 134, del tanque de almacenamiento 136, a través de un refrigerador 137 hacia la calandria 32 por intermedio del caño 138. La misma cantidad sale del fondo del tanque de vaciado 34 a través del caño de rebalse 26 para volver al tanque de almacenamiento 136, lo que da la seguridad de que el tanque de vaciado se halla vacío durante el funcionamiento del reactor. Al mismo tiempo, la bomba de helio 131, que funciona continuamente, tiende a bombear helio G desde la parte superior de la calandria 32 hacia la parte superior del tanque de vaciado 24 que está conectada también a la parte superior del tanque de almacenamiento 136, por medio de una tubería de equilibrio de gases 127; pero el helio de la salida de la bomba 131, puede desviarse directamente de vuelta a la entrada de la bomba 131, a través de la tubería de desvío 133 y válvula de control 132. También puede hacerse pasar el helio desde la parte superior del tanque de vaciado 24 a través de la válvula de vaciado relativamente mucho más grande 130 y caño 139.
- 340.- Puede verse que, mientras permanezca cerrada la válvula de vaciado 130, si la válvula de control 132 se abre justamente lo suficiente para desviar la totalidad de la salida de la bomba de helio 131 pero no más, permanecen constantes las cantidades de helio del tanque de vaciado 24, por encima de la calandria 32, y el tanque de almacenamiento 136,
- 345.-
- 350.-
- 355.-



y el nivel del moderador L de la calandria 32, permanece igual. Si la válvula de control 132 se abre más de lo necesario para lograr la situación mencionada, asciende una cantidad de helio superior a la capacidad de la bomba de helio 131 por la tubería de desviación 133, lo que da por resultado una transferencia neta del gas helio G desde el tanque de vaciado 24 hasta la parte superior de la calandria 32, que permite al moderador penetrar en el tanque de vaciado 24. Sin embargo, este exceso de moderador, rebasa más rápidamente por la cañería 26 hacia el tanque de almacenamiento 136 de lo que es bombeado de vuelta hacia la calandria por intermedio del caño 138, de manera que el nivel del líquido del tanque de vaciado 24 readquiere pronto casi su estado original. Si la válvula de control 132 se cierra más que su posición primeramente mencionada, resulta bombeado gas helio G de la calandria 32 al tanque de vaciado 24, lo que hace descender a la interfaz líquido gas 25 por debajo del nivel del caño de rebalse 26, de manera que la cantidad de moderador que abandona a la calandria a través del caño de rebalse 26, es menor que la bombeada hacia la calandria, por intermedio del caño 138, y el nivel del moderador sube. Se utiliza normalmente, por lo tanto, la válvula de control 132 para controlar el nivel del moderador en el reactor, lo que a su vez controla la potencia de salida, de manera que satisfaga la demanda. La capacidad del soplador de helio 131 se limita por construcción a tal valor que, con la válvula de control 132 totalmente cerrada, el nivel del moderador no pueda elevarse a tal velocidad que provoque una velocidad insegura de incremento de la potencia del reactor, siendo la capacidad de la bomba de modera-



dor 134 siempre mayor que ello.

Si surgiera una situación que exige apagar el reactor tan rápidamente como sea posible, se abre totalmente la válvula de vaciado 130, lo que permite al gas helio G, pasar rápidamente del tanque de vaciado 24 a la calandria 32, cualquiera que sea la posición de la válvula de control 132, de manera que el moderador llena rápidamente el tanque de vaciado 34 escurriendo por las bocas 19, lo que reduce rápidamente el nivel de moderador en una magnitud determinada por el volumen del tanque de vaciado. Se inunda de esta manera la tubería de rebalse 26 y escurre moderador hacia el tanque de almacenamiento 136 con un caudal mayor que el que puede hacer volver la bomba 134, de manera que el nivel de moderador sigue bajando en la calandria 32 pero con velocidad mucho menor. Si se encuentra que la razón de la interrupción del funcionamiento puede rectificarse rápidamente, según ocurre con frecuencia, puede cerrarse la válvula de vaciado 130 mientras todavía se encuentra en la calandria gran parte del moderador, y de ese modo se vuelve más fácil el proceso de puesta en marcha, por cuanto es preciso volver a introducir en la calandria una cantidad de moderador menor de la que sería necesaria en caso de haber vaciado la totalidad del moderador.

Con referencia al blindaje inferior y soporte 35 de la calandria, que aparecen detalladamente en la figura 5, y a la figura 1, la calandria 32 tiene tubos de prolongación 53 que, extendiéndose desde sus superficies superior e inferior, atraviesan los blindajes superior e inferior 34, 35 a través de los cuales pasan las prolongaciones 36 de los tubos de combustible conectadas con los subcolectores 47 y colectores



48 y con los tubos alimentadores y colectores 28 colocados por debajo del reactor (ilustrados también en la figura 4).

420.- Con referencia a la figura 5, los tubos de calandria 50 que se prolongan hacia abajo a través de la calandria, están unidos a la chapa inferior de tubos de calandria 51 mediante conectores 52. Estos conectores 52 que son de acero inoxidable, proporcionan una conexión hermética con las prolongaciones 53 de los tubos.

425.- La estructura de soporte 35 a través de la cual sobresalen los tubos comprenden una chapa de ala superior 55, una chapa de ala inferior 56 y una pluralidad de piezas de alma paralelas que se extienden verticalmente en dirección transversal y que empalman las piezas de chapa de ala superior e inferior. Las chapas de ala 55 y 56 incluyen también una parte sustancial del material de blindaje. Una pluralidad de piezas 58 de soporte de blindaje aseguradas a las piezas de alma 57, proporcionan superficies de soporte 59 en las que apoyan piezas de blindajes transversales 60. Un blindaje térmico 61 se encuentra superpuesto entre la chapa de ala superior 55 y la chapa inferior 51 de la calandria, y tiene libertad para permitir la dilatación térmica y está separada de la chapa de ala 55 por separadores verticales 67. Unas piezas periféricas verticales (que no se ilustran) completan la estructura formando un recipiente que aloja el refrigerante líquido.

430.-

435.-

440.-

445.- El tubo de calandria exterior 36 y las prolongaciones 52, 53 del tubo, atraviesan el blindaje térmico 61, el ala superior 55 y las chapas de blindaje 60 pasando por agujeros de mayor diámetro 64, y se aseguran a la pieza de ala inferior 56. La estructura, juntamente con las piezas de



alma verticales 57, 67, proporciona una pieza de blindaje que aloja líquido y dentro de la cual puede hacerse circular el agua refrigerante.

450.- Cada uno de los tubos de combustible 68 se conecta por medio de un acoplamiento de acero inoxidable 69 con la prolongación 70 del tubo de combustible que atraviesa la estructura de soporte 35 a fin de proporcionar una porción de prolongación del tubo 36 que sobresale externamente, y a la cual se asegura la conexión de agua de refrigeración 74 y una caja de válvulas inserción de combustible 37.

460.- Debido a la fuerte radiación que alcanza la zona superior de la estructura de soporte 35, el blindaje térmico 61, que es de acero al carbono, debe tener libertad para dilatarse y contraerse, y no puede utilizarse como pieza estructural. Las chapas de ala 55, 56, pueden ser de acero al carbono mientras que las piezas de blindaje 60 pueden hacerse de acero al carbono o fundición. Los tubos de calandria 50 se hacen generalmente de circonio en la porción situada dentro de la calandria, debido a su reducida sección transversal de captura de neutrones, mientras que las porciones inferiores de estos tubos, que sirven para soportar la calandria desde la estructura de soporte 35 y separar el fluido de refrigeración de blindaje con respecto al gas requerido como aislación térmica entre los tubos de combustible y los tubos de calandria, puede ser de acero al carbono. En la vecindad de los agujeros de mayor diámetro 64 por donde los tubos de prolongación de la calandria atraviesan las chapas de blindaje, pueden requerirse aros de blindaje 78 para reducir la transmisión de radiación gamma a través del blinda-

465.-

470.-

475.-

346180



je.

480.- Debido a la simetría de la estructura, son mínimas las tensiones internas por la acción del calor sobre los tubos y prolongaciones de los tubos, así como la dilatación diferencial entre los componentes del reactor, mientras que la estructura de soporte sirve para ubicar, soportar y blindar al reactor.

485.- El levantamiento en obra de una estructura de blindaje de reactor nuclear del tipo descrito, es relativamente simple, ya que la estructura básica es suficientemente liviana y fuerte como para colocarla en su sitio empleando equipos elevadores normales en la construcción, sin el empleo de estructuras soportantes temporarias, mientras que las chapas de blindaje de fundición pueden luego maniobrarse fácilmente y colocarlas en posición dentro de la estructura antes de cerrar el recipiente por soldadura de los paños periféricos. 490.- Correspondientemente, la estructura facilita el acceso de aparatos de prueba de soldadura sónicos o de rayos X. Debido al empleo de una pluralidad de chapas de blindaje de material relativamente delgado, tal como 157 milímetros de espesor en comparación con la chapa de blindaje de una sola 495.- pieza de 355 milímetros de espesor, que se utiliza en reactores tales como el NRX, se reducen las tensiones internas provocadas por el calor dentro del material de blindaje, 500.- mientras que la grúa necesaria para levantar la estructura del reactor, puede ser apreciablemente más pequeña, lo que da lugar a una reducción del costo del capital.

505.- Además de las ventajas anteriores precedentemente indicadas, se obtienen los beneficios siguientes mediante la disposición descrita de reabastecimiento de combustible durante

18 OCT 1957



346180

la producción de potencia. El empleo de una pluralidad de generadores de vapor verticales con el reactor vertical, permite reducir el volumen del edificio del reactor aproximadamente a la cuarta parte de volumen de un reactor de referencia de construcción horizontal, de potencia de salida correspondiente. La presente invención hace posible cambiar la cadena de combustible completa de una sola vez, sin desgasto indebido del combustible y sin las oscilaciones de reactividad que aparecen normalmente en los reactores conocidos, tales como el Douglas Point y el tipo BLW (reactores de agua pesada refrigerados con agua liviana en ebullición). Por la ausencia de flecha de los canales de combustible, se simplifica la provisión de los separadores de tubos centrales. Las características del reactor son más fáciles de predecir y controlar en el caso del reactor vertical.

La disposición vertical es sustancialmente simétrica térmicamente, de manera que también son simétricas las tensiones internas que obedecen a la temperatura y a las diferencias de presión, lo que reduce las necesidades de rigidez con respecto a las calandrias horizontales. La instalación de la calandria vertical descrita, se simplifica en vista de la alineación simplificada de los escudos extremos con los tubos de prolongación, mientras que las tensiones internas de dilatación térmica entre los blindajes y los tubos se reducen al orden de aproximadamente la tercera parte de los valores de tensiones internas que se hallan en la disposición horizontal.

La máquina de reposición vertical de combustible, no produce esfuerzos de flexión apreciables sobre los acoplamientos de los extremos de los canales o tubos de combusti-



ble, mientras que la mezcla del refrigerante caliente del reactor con el refrigerante relativamente frío de la máquina de reposición de combustible, se reduce apreciablemente a causa de la posición inferior de la máquina de reposición de combustible por debajo de los tubos. Ello da por resultado la producción de menores tensiones internas de origen térmico en la máquina de reposición de combustible y en los acoplamientos de los extremos de los tubos.

540.- Otra ventaja que se obtiene en la estructura del reactor que se describe, es la gran economía de capital que se logra.

Además, es indudable que pueden llevarse a la práctica muchas realizaciones ampliamente diferentes de la presente invención, pero siempre y cuando sin apartarse de los principios fundamentales que se especifican claramente en las cláusulas reivindicatorias que siguen a continuación.

550.- N O T A
=====

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por veinte años, son los siguientes:

555.- 1º.- Un reactor nuclear vertical para la generación de potencia, que comprende: una calandria para contener un líquido moderador de neutrones; tubos sustancialmente verticales en dicha calandria para contener combustible nuclear, que tienen sus extremos inferiores prolongados por debajo, para permitir instalar y retirar dicho combustible; medios para hacer circular un fluido refrigerante a presión en sentido descendente, a través de dichos tubos, y medios de válvula de cierre en el extremo inferior de dichos tubos para



- 565.- conexión de una máquina de reposición de combustible a dichos extremos inferiores de los tubos mientras se encuentran bajo la presión de dicho refrigerante, por lo cual dicho reactor puede reabastecerse de combustible mientras se encuentra bajo carga produciendo potencia.
- 570.- 2º.- Un reactor nuclear vertical de acuerdo con el punto 1º, en el cual dicho líquido moderador es agua pesada.
- 3º.- Un reactor nuclear de acuerdo con el punto 2º, que tiene agua pesada como moderador líquido, una estructura de tanque de vaciado adyacente a la porción inferior de dicha calandria, que se extiende en sentido ascendente en parte por lo menos de la altura de dicha calandria; medios de boca de vaciado que conectan dicha calandria con dicho tanque de vaciado y medios para controlar el nivel de dicho líquido moderador dentro de dicha calandria y capaces de permitir el escurrimiento rápido de una porción predeterminada de dicho líquido desde dicha calandria a dicho tanque de vaciado, por lo cual se reduce apreciablemente el funcionamiento de dicho reactor.
- 575.-
- 4º.- Un reactor nuclear vertical de acuerdo con el punto 2º, en el cual cada uno de dichos tubos está ubicado dentro de un tubo capaz de contener un material aislante del calor.
- 580.-
- 5º.- Un reactor nuclear vertical de acuerdo con el punto 4º, en el cual dicho combustible nuclear comprende una pluralidad de elementos de combustible aplicados libremente.
- 585.-
- 6º.- Un reactor de acuerdo con el punto 1º, que tiene una combinación de estructura de soporte de reactor y blindaje contra neutrones y radiación con dichos tubos del reac-
- 590.-



- 595.- tor prolongándose verticalmente desde dicha combinación, que comprende: piezas de ala estructurales y de blindaje extremo superior e inferior que se extienden horizontalmente, provistas de aberturas pasantes, alineadas verticalmente, para recibir dichos tubos; una pluralidad de piezas
- 600.- zas de alma aseguradas a dichas piezas de ala y que se extienden verticalmente entre ellas; piezas de apoyo ubicadas entre las piezas de ala superior e inferior para proveer medios de soporte de blindaje, y piezas de blindaje que se extienden entre pares adyacentes de dichas piezas de alma para-
- 605.- lelas con dichas piezas de ala superior e inferior en relación soportada con dichos medios de soporte de blindaje, que tienen aberturas pasantes en correspondencia con las aberturas de las piezas de ala superior e inferior, por lo cual dichos tubos de reactor pueden atravesarlas verticalmente.
- 610.- 7º.- Un reactor de acuerdo con el punto 6º, que tiene una pluralidad de piezas de blindaje dispuestas en una pluralidad de capas, comprendiendo cada capa piezas de blindaje individuales que están soportadas individualmente entre dichas piezas de ala superior e inferior.
- 615.- 8º.- Un método para armar un reactor nuclear que tiene tubos que se extienden desde él en dirección sustancialmente vertical a través de una estructura de soporte de reactor de acuerdo con el punto 1º, que incluye las etapas de introducir dichos tubos armados a través de aberturas de dicha estructura de soporte, y asegurar los tubos a la estructura en relación hermética y soportada con ella.
- 620.- 9º.- "UN REACTOR NUCLEAR VERTICAL", todo tal y conforme se describe en la presente memoria, la cual consta de líneas y a título de ejemplo se representa en los adjuntos

- 23 - 346180 18 OCT 1967



625.- dibujos.

Madrid, 18 OCT. 1967

ESCALA VARIABLE.

346180

18 OCT 1967

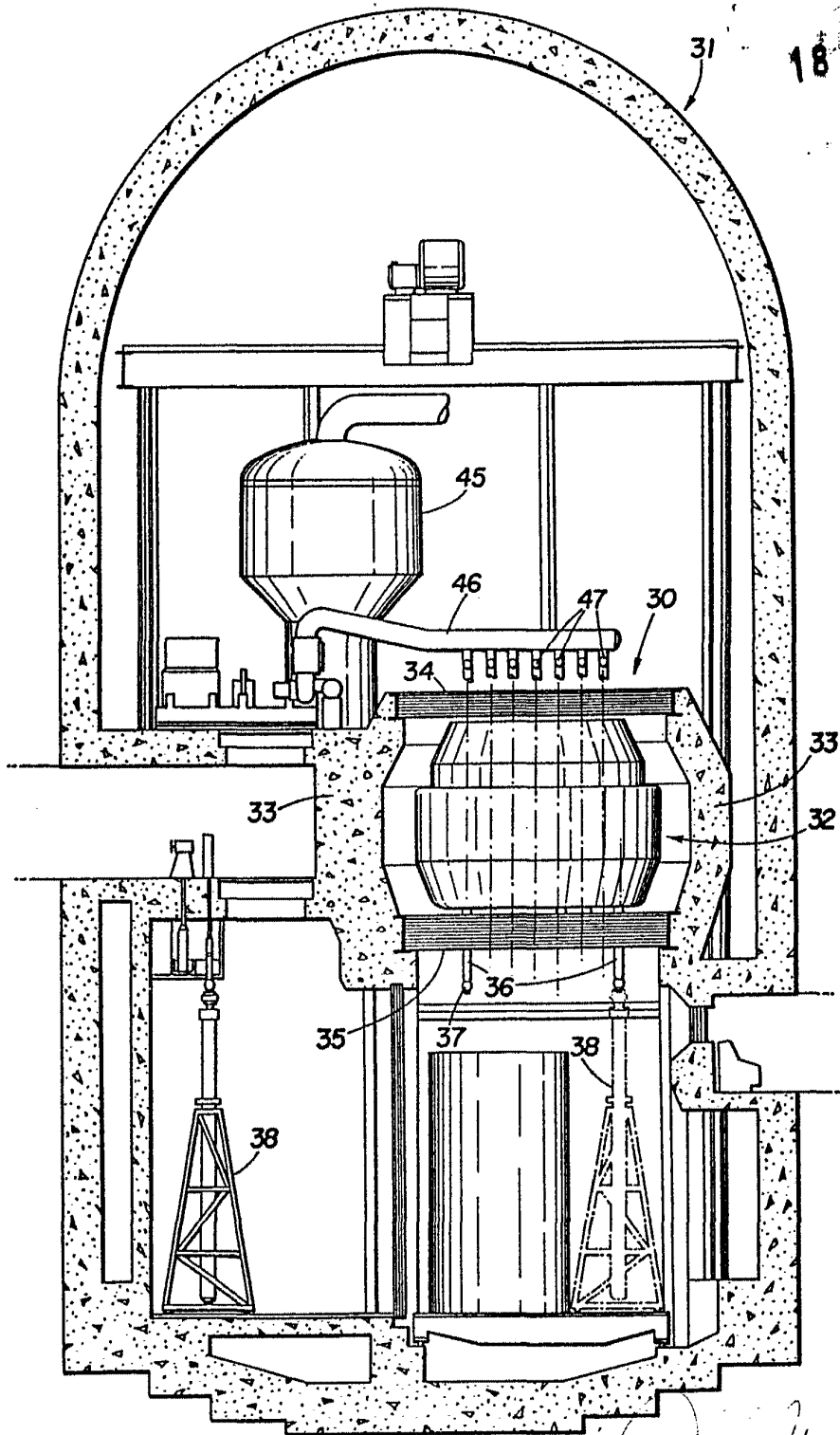


FIG.1

Madrid, 18 OCT, 1967

ESCALA VARIABLE. 346180

18 OCT 1967

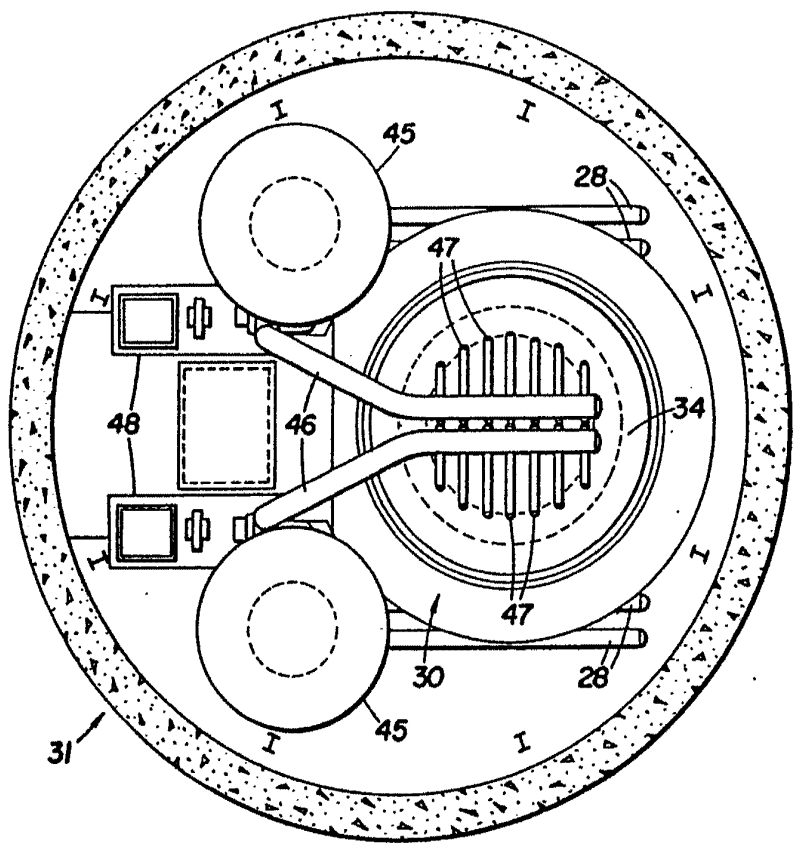


FIG. 2

Madrid, 18 OCT. 1967

ESCALA VARIABLE.

346 180

18 OCT 1957

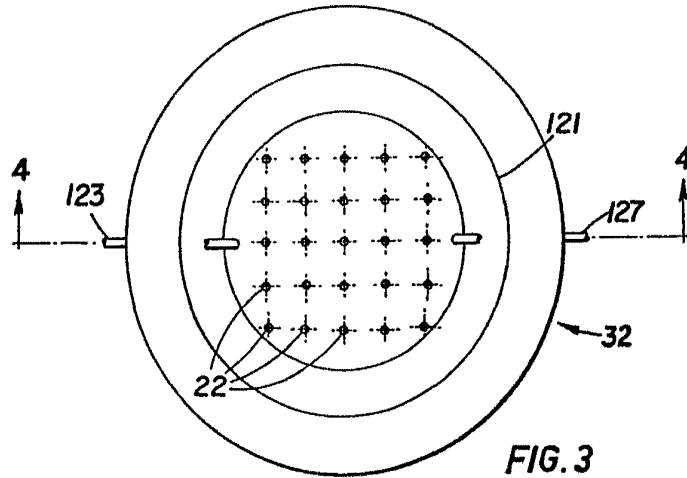


FIG. 3

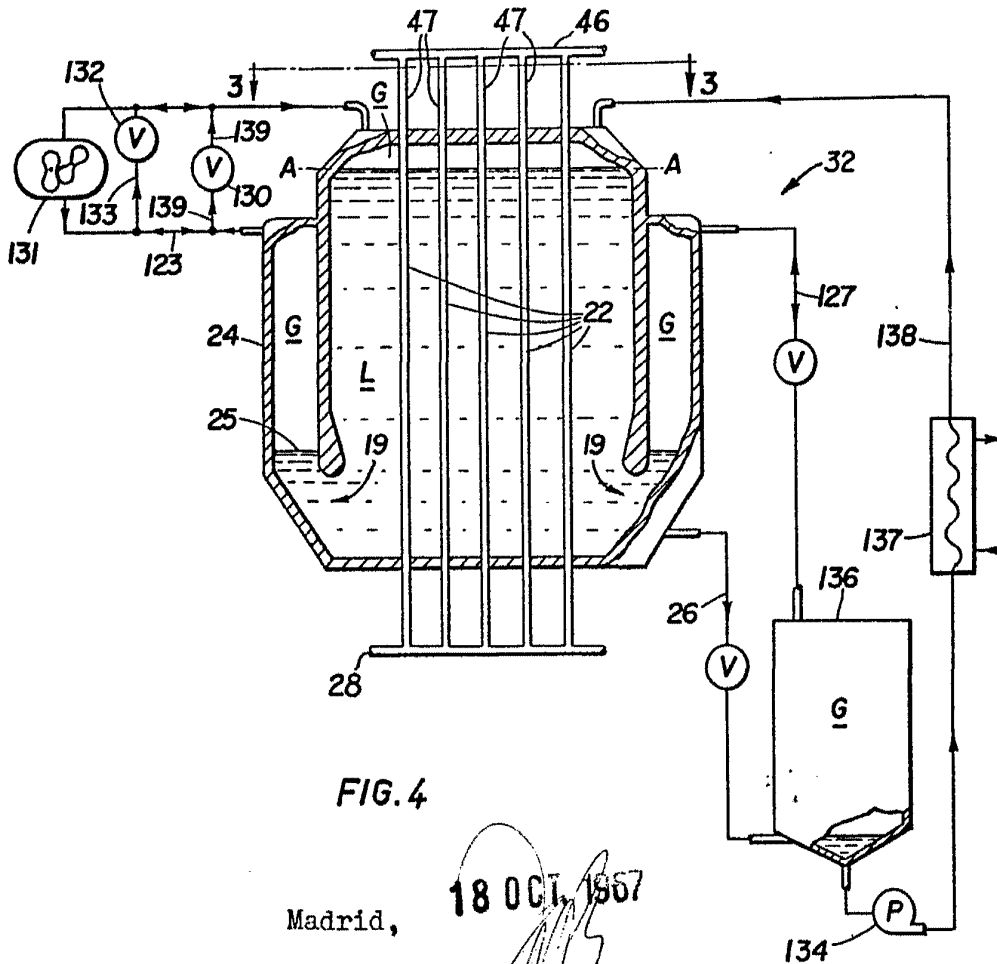


FIG. 4

Madrid,

18 OCT 1957

ESCALA VARIABLE.

346180

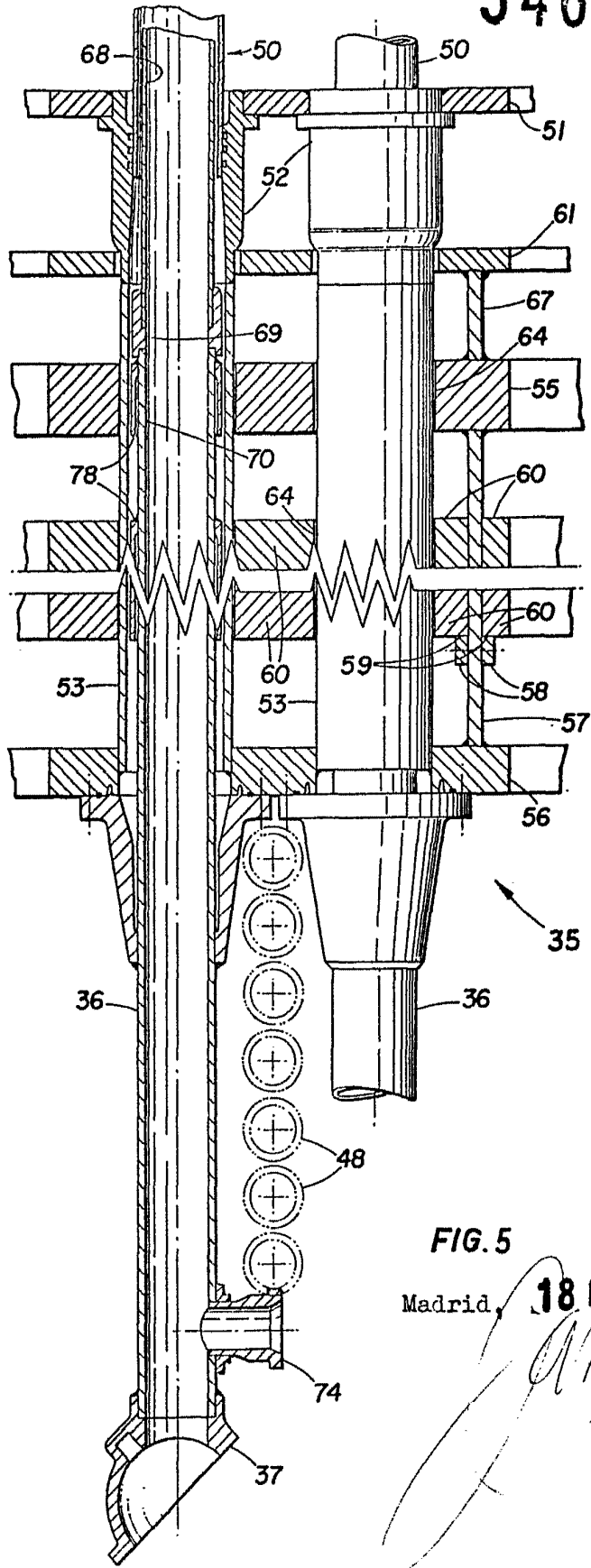


FIG. 5

Madrid, 18 OCT. 1967